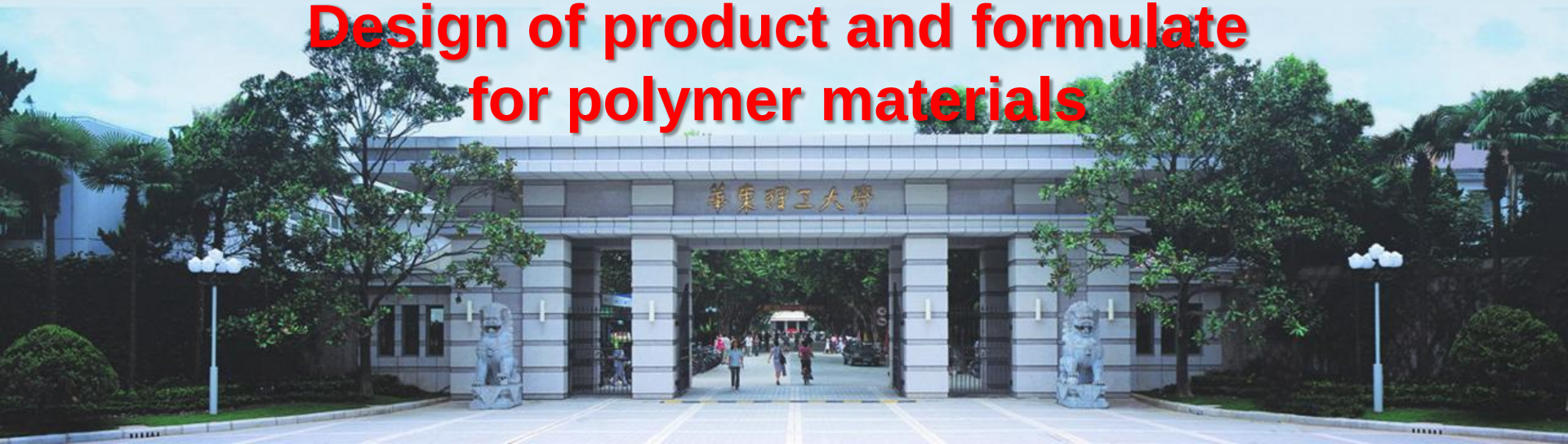
第四章

高分子材料制品设计和配方设计

Design of product and formulate for polymer materials



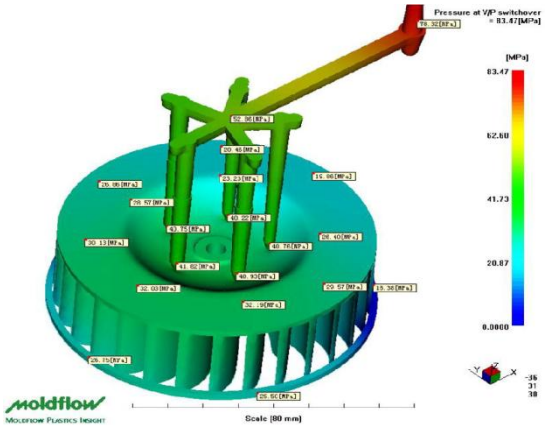
第四章　制品设计和配方设计

本章内容

- 4.1 高分子材料制品设计
- 4.2 高分子材料配方设计

高分子新材料、新产品的研制、开发、产业化是一个系统工程，涉及材料配方设计、产品结构设计、制品造型设计、生产工艺设计、设备选型设计及模具设计。

实际上是制品设计，配方设计是其核心部分。



4.1 高分子材料制品设计

高分子材料制品设计是在对制品的形状、结构和使用性能的科学预测和判定的前提下，通过正确选用高分子材料(配方设计)，制定出一套完整的制品制造过程的实施方案和程序。

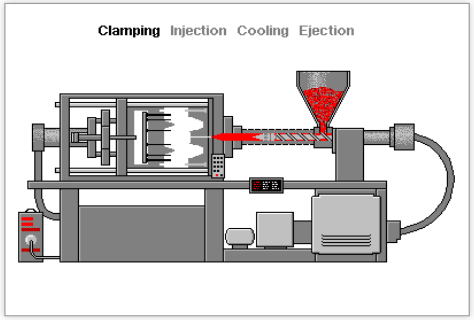
判定制品（形状、结构、性能）→ 选用高分子材料 → 制定生产工艺

配方

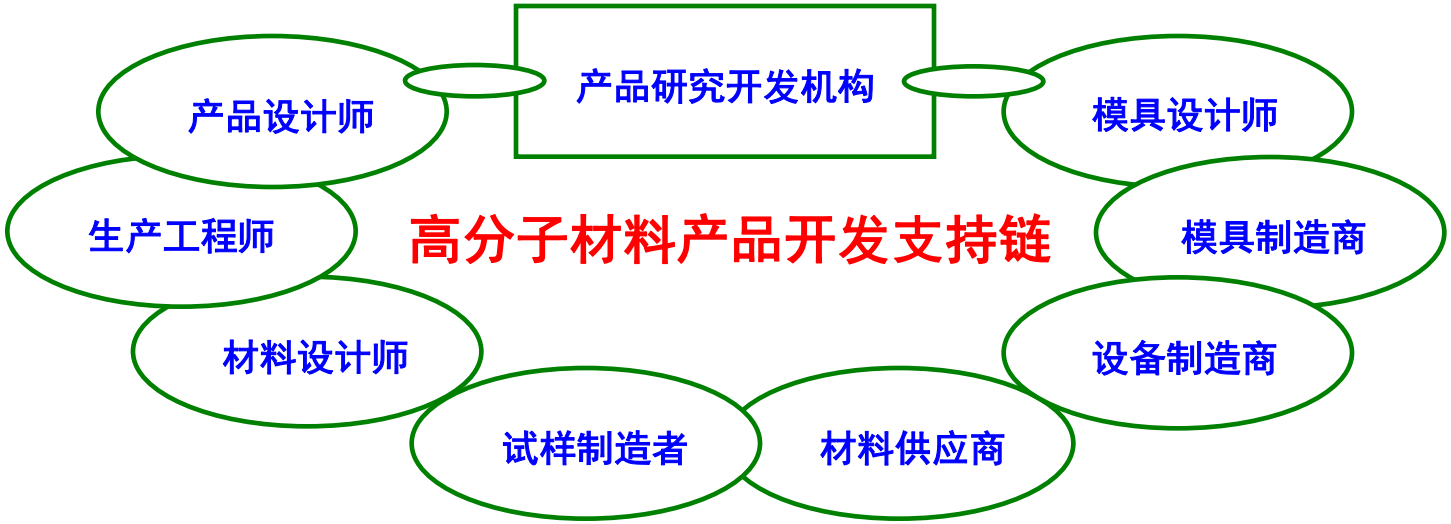
EVA、$CaCO_3$

AC、DCP

ZnO、HSt



在当今的商业环境下新产品的开发过程已有显著的改变，在产品设计和开发过程中遇到的主要问题在于**与所有相关公司和用户间的沟通**，如果所有**产品开发支持链**的成员及早和适时介入，依靠各方协力和减少重复性工作，将可以大大缩短产品开发周期和降低成本。



4.1.1 制品设计原则

1. 实用 — 按使用要求

需求是研究、开发的原动力，因此开发新产品最关键是确定产品的最终使用要求，保证开发的制品在使用期限中的功能和性能。

2. 高效 — 成型加工工艺性好、生产效率高

在保证制品的功能和性能前提下，所选择的合适材料具有成型加工可行性和经济性。

3. 经济 — 成本低

在满足性能要求的前提下，生产可盈利的产品是支配材料制品普及程度(推广)的决定因素。

4.1.2 制品设计步骤

①产品使用要求的确定

②形状造型设计(概念性设计)

③初步材料的选择

④样品的初步设计(设计展开)

⑤样品的试制

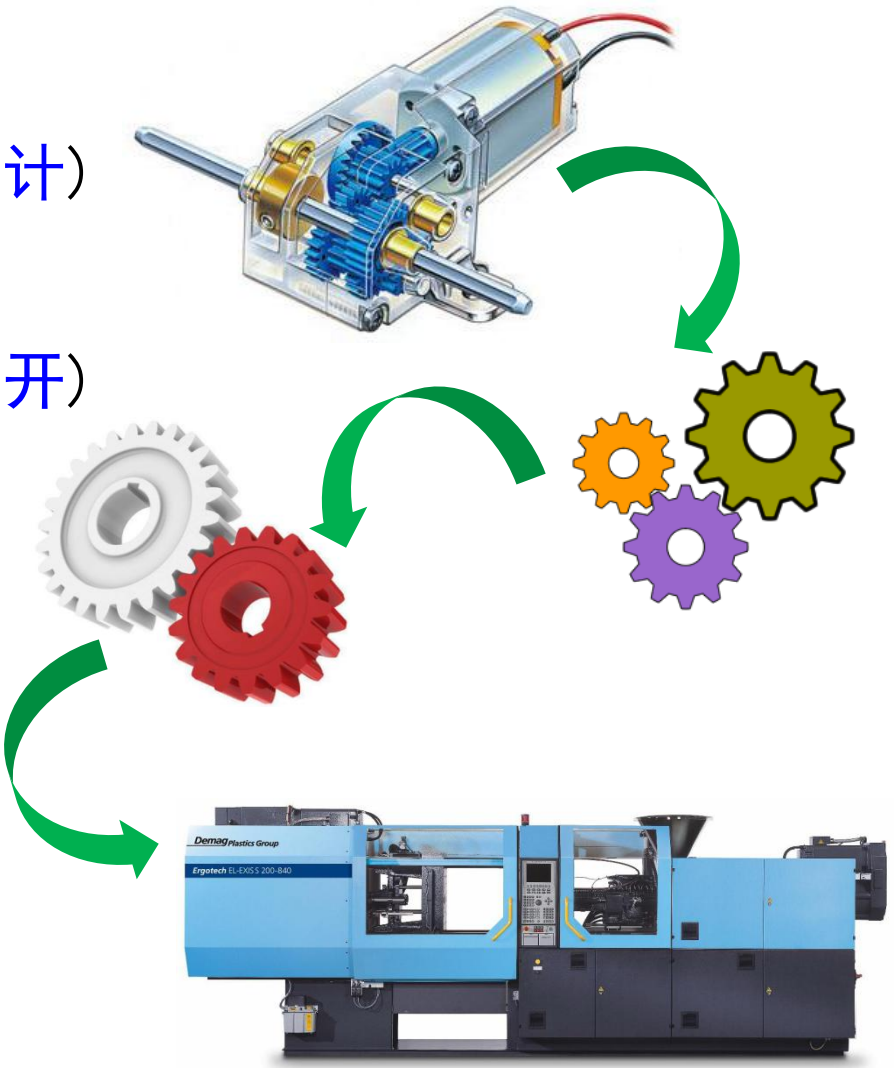
⑥性能测试及评价

⑦定额测算及成本核算

⑧加工方法的选择

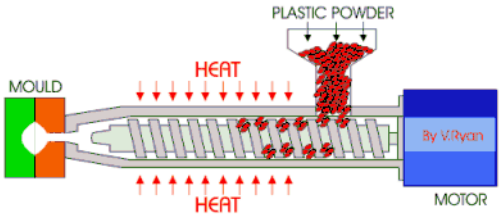
⑨最终材料的选定

⑩生产工艺规程的制定



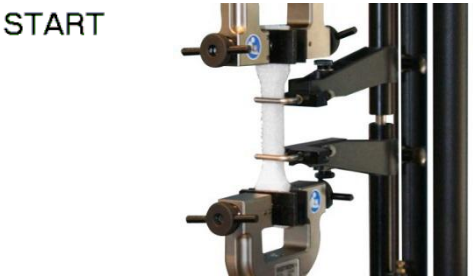
影响制品性能测试的因素：

聚合物的结构与性能、高分子材料的组成是影响制品性能的主要因素。其它因素影响包括：



①制样条件

成型方法、成型条件、试样形状等



②测试条件

升温速度、作用力形式和速度等

③外界因素

温度、湿度、使用环境及光波长等

4.2 高分子材料配方设计

高分子材料配方设计实际上是考虑材料组成对材料性能的影响。

配方设计要考虑的问题：

①加什么？（选什么？）

②加多少？

③协同效应？（组分间的相互影响？）

既要符合使用性能，又要适应加工要求，还要考虑原材料的要求和经济成本。

配方的制定是一个经验加理论的过程。

4.2.1 配方设计原则

1. 制品的性能要求

了解制品的规定指标、使用环境、使用方法和使用要求，以及市场和用户信息。

2. 成型加工性能的要求

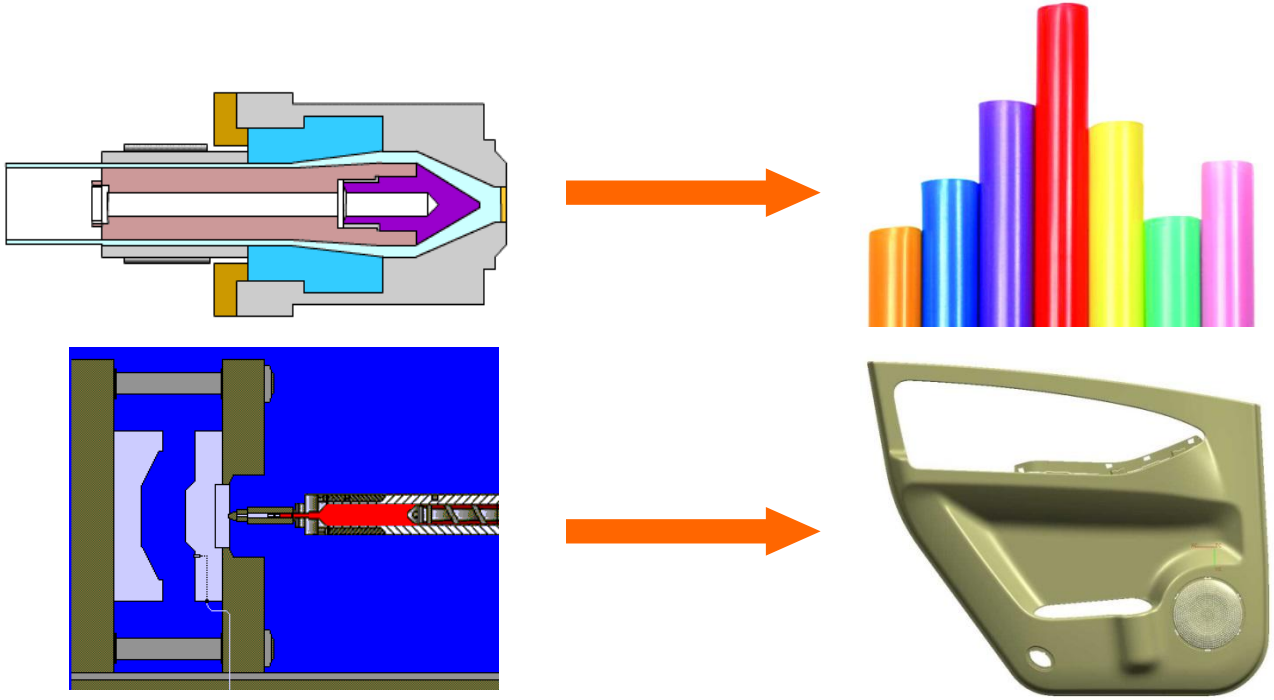
考虑成型加工的方法、工艺及其设备对材料产生的不同影响和作用。

3. 原材料的要求

注意原材料的牌号、技术质量指标及其检验方法，要求原材料来源容易、产地较近、价格合理。

4. 产品的经济成本要求

在满足使用性能的前提下，根据性价比选用并节约使用原材料，通过配方调整来提高生产效率。



4.2.2 配方的表示方法

1. 以质量份数表示的配方

以聚合物质量为100份，其他组分以相对于聚合物的质量份数表示。— **适用于科研论文和报告**

2. 以质量百分数表示的配方

以聚合物及各种添加剂的混合料总质量为100份，各组份以质量百分比表示。— **便于成本核算和计算材料消耗**

3. 以体积百分数表示的配方

以混合料体积为100份。— **便于计算体积成本和仓储面积**

4. 生产配方

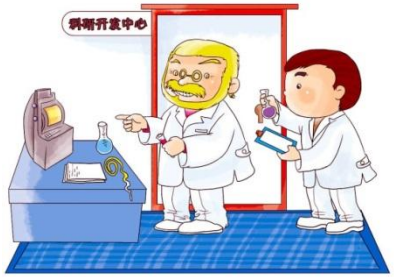
按设备的生产能力，计算出各组分每次的投料质量数。

— **便于生产操作**

4.2.3 配方设计步骤

①确定产品的技术要求，制定产品的性能指标

②收集原材料资料，初定产品形状尺寸、各部件的作用及其成型加工方法



③初选材料，进行配方设计及试验

④依材料性能数据，进行结构设计

⑤制成实物模型，进行实样试验或模拟试验

⑥再设计与再试验

⑦依模型试验和制品成本，进行最终选材和配方设计

⑧材料规范化

配方制定的步骤：

基本配方 → 性能配方 → 实用配方

①基本配方：主体材料 ＋ 必需添加剂

考察主体材料和添加剂的合理性，包括种类、用量。

②性能配方：基本配方 ＋ 性能体系

针对某些性能要求，添加能提高相应性能的添加剂。

③实用配方：性能配方 ＋ 加工体系、成本体系

考虑原料的来源、成型加工工艺的可行性和产品的经济性，须全面考虑。

基本配方、性能配方、实用配方是相互制约、相互影响的。

基本配方首先提出一组添加剂及其基本用量，一般采用传统使用量，并且尽可能简单。

例：橡胶基本配方

生胶：100phr

硫黄：0.5～3.5phr

促进剂：0.5～1.5phr

活性剂：ZnO：1～10phr； HSt：0.5～2.0phr

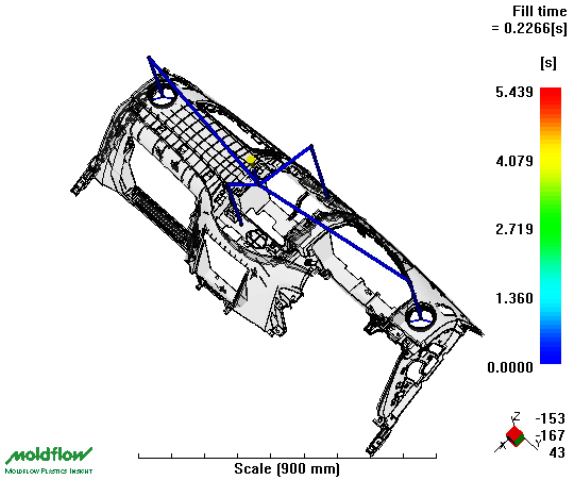
防老剂：0.25～1.5phr

配方的组成：

	配 方 组 成	组分数
主体部分	聚合物	1～2
交联体系	交联剂、促进剂、活性剂、防焦剂	4～5
稳定体系	热稳定剂、抗氧剂	1～2
性能体系	增塑剂、补强剂、增韧剂、防老剂、发泡剂、着色剂	2～5
加工体系	增塑剂、润滑剂	1～2
成本体系	填充剂	1～2

4.2.4 配方设计实验方法

配方设计实验方法是指通过实验确定配方中各种添加剂加入量的方法，涉及实验步骤安排、变量选择和变量范围的确定。



1. 配方设计时考虑的因素

配方设计术语：

因素 —— 是指影响材料性能指标的因子

如原材料、工艺条件等

水平 —— 是指每个因素可能处于的状态

如原材料品种、用量或工艺参数等

配方设计时考虑的因素：

①配方包括多种原料，存在多因素变量的问题。

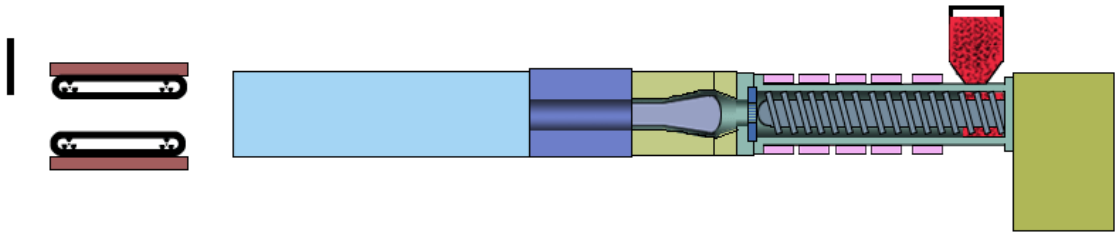
②各因素的水平数并不相等，需要活用正交表。

③各原料之间存在显著的交互作用。

④可根据试验情况，将工艺条件作为独立的因素。

⑤严格控制试验的每一步骤，尽量排除试验误差。

⑥将经验规律和统计数学相结合，发挥最佳效能。



2. 单因素变量配方设计法

适用于材料制品性能只受一个因素（如某一组分）影响的配方。

单因素变量试验采用的搜索方法有：

①爬山法

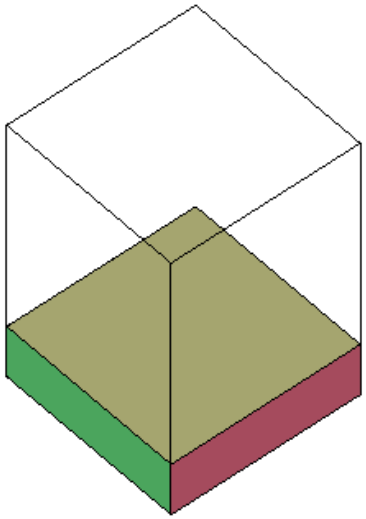
②黄金分割法

③平分法

④分批试验法

⑤抛物线法

⑥分数法



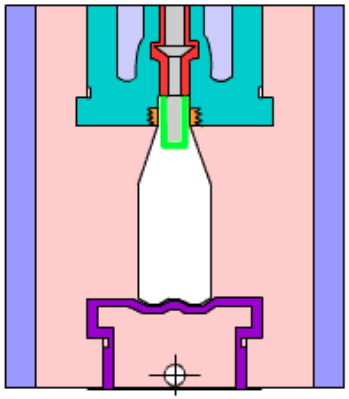
3. 多因素变量配方设计法

适用于材料制品性能受两个或两个以上因素(如添加剂的加入量)影响的配方。

多因素变量试验采用的搜索方法有:

①正交设计法

②回归分析法



挤出吹塑中空成型原理示意图

4.2.5 高分子材料配方实例

通过下列配方了解各组分在高分子材料中所起的作用，初步判定该配方材料制品的基本性能。

- 表4–3 NR、SBR、BR、IR的配方实例
- 表4–4 IIR、EPR、CR、NBR的配方实例
- 表4–5 几种橡胶的基本配方
- 表4–6 聚氯乙烯配方
- 表4–7 聚乙烯、聚丙烯配方实例
- 表4–8 酚醛树脂、脲醛树脂配方实例
- 表4–9 不饱和聚酯树脂的配方实例
- 表4–10 环氧树脂配方实例